

Approved For Release STAT  
2009/08/19 :  
CIA-RDP88-00904R000100120

Dec

Approved For Release  
2009/08/19 :  
CIA-RDP88-00904R000100120



Вторая Международная конференция  
Организации Объединенных Наций  
по применению атомной энергии  
в мирных целях

A/CONF/15/P/2131  
USSR  
ORIGINAL: RUSSIAN

Не подлежит оглашению до официального сообщения на Конференции

ИЗУЧЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА ОБМЕН  
ВЕЩЕСТВ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ В СВЯЗИ С ПРОБЛЕМОЙ  
ЕГО КРУГЛОГODOVOГО ХРАНЕНИЯ

Б.А. Рубин, Л.В. Метлицкий

Результаты многочисленных исследований последних лет (1-3) приводят к выводу, что одним из путей применения ионизирующих излучений является их использование для задержки прорастания клубней картофеля в целях удлинения сроков его хранения. Вместе с тем в проведенных до настоящего времени работах уделялось мало внимания изучению природы физиолого-химических процессов, возникающих в тканях картофеля под действием радиации, и сущности вызываемого последней биологического действия. Именно это обстоятельство и затрудняло разработку вопроса об оптимальных режимах и технике облучения больших количеств картофеля применительно к требованиям современного производства. Нерешенным оставался и вопрос о возможности использования облученного картофеля для пищевых целей.

Исследования в указанных направлениях начаты нами в 1955 г. В работе участвовали Е.Г.Салькова, Е.Н. Мухин, А.В.Михеева, Н.П. Кораблева и Н.П. Морозова. Результаты освещаются в настоящем докладе.

Облучение картофеля проводили на двух экспериментальных установках с использованием в качестве источника излучения  $\text{Co}^{60}$  при мощности дозы 40 и 600 р/мин. Всего в разных вариантах опытов было облучено и служило предметом исследования более 6000 кг картофеля.

При изучении биохимических изменений, возникающих в клубнях картофеля под действием радиации, основное внимание было уделено

25 YEAR RE-REVIEW

-2-

динамике нуклеиновых кислот. Мы исходили при этом из литературных данных, согласно которым нуклеиновый обмен принадлежит к числу наиболее чувствительных к действию ионизирующих излучений звеньев обмена, а также из того, что с обменом нуклеиновых кислот тесно связан обмен белковых веществ, процессы роста организма и т.д.

Наши исследования показали, что при выходе клубней из состояния покоя и их прорастании наблюдается усиление синтеза в точках роста рибо- и дезоксирибонуклеиновой кислот (РНК и ДНК). Об этом свидетельствуют следующие данные (в  $\mu$  Р на 1 г сухого веса):

	РНК	ДНК	Сумма
глазки клубней в состоянии покоя	60,0	15,9	75,9
глазки проросших клубней	83,0	23,7	106,7

Под влиянием ионизирующих излучений наступают существенные изменения в анатомическом строении глазков, содержании и распределении нуклеиновых кислот по отдельным тканям. Эти изменения обнаруживаются, однако, лишь через определенный промежуток времени после облучения. Даже при дозе 10 тыс. Р, которая нацело лишает клубни способности к прорастанию, нам с помощью количественных методов не удавалось обнаружить в только что облученных клубнях сколько-нибудь значительных изменений в содержании нуклеиновых кислот. Лишь цитохимически устанавливалось снижение базофилии цитоплазмы, т.е. уменьшение содержания РНК. Количество же ДНК остается в это время без изменения. И только через некоторое время после облучения разница в содержании как РНК, так и ДНК, между облученными и контрольными клубнями становится все более отчетливой. Замедление синтеза нуклеиновых кислот, как результат облучения, удается в этом случае отметить и химическими макрометодами. Наиболее отчетливо разница в содержании нуклеиновых кислот между облученными и необлученными клубнями проявляется при выходе последних из состояния покоя.

О характере анатомических изменений, имеющих место в это время, можно судить по приведенному рисунку (рис. 1). Меристематические ткани в глазках облученных клубней теряют способность к делению, клетки листовых зачатков, образовавшихся до облучения, увеличиваются в размерах, вытягиваются, сильно вакуолизируются. Одной из характерных особенностей анатомического строения глазков у клубней, лишенных способности к прорастанию, является то, что

-3-

все составляющие их клетки, за исключением части прокаэмбия, имеют одинаковую форму, размеры и содержание нуклеиновых кислот. Таким образом, здесь не наблюдается характерной для нормального состояния этих органов разнокачественности тканей. В клетках такой перерожденной точки роста содержание и характер распределения нуклеиновых кислот сильно отличается от контрольных: ослаблена реакция на ДНК, исчезает РНК в цитоплазме, уменьшается количество ядерной ДНК. Эти резкие изменения в строении тканей глазка, их "перерождение", и является одной из причин потери клубнями способности к прорастанию, обусловленной действием ионизирующих излучений.

Все описанные явления становятся еще более отчетливыми и резкими, если облучению подвергаются клубни с пробудившимися глазками. В частности, уменьшение содержания РНК в цитоплазме наблюдается в этом случае тотчас же после облучения клубней. Это свидетельствует о более высокой радиочувствительности клубней при выходе их из состояния покоя.

В течение первых месяцев после облучения содержание нуклеиновых кислот в глазках клубней несколько возрастало, а затем, после 6-7 мес. хранения, оно начинало заметно снижаться (табл. I).

Таблица I

Динамика нуклеиновых кислот в глазках клубней картофеля  
(в  $\mu$  Р на 1 г сырого веса)

Объект исследования	Состав нуклеиновых кислот	Время наблюдений					
		ноябрь	январь	февраль	март	апрель	май
Контрольные клубни	РНК	68,5	120,0	99,3	107,9	101,4	118,8
	ДНК	16,6	23,9	22,0	30,2	20,7	27,1
	Сумма	85,1	143,9	121,3	138,1	122,1	145,9
облученные в октябре дозой 10 тыс.р	РНК	59,8	95,2	92,1	87,8	76,9	70,2
	ДНК	16,5	22,3	20,1	46,5	17,5	25,5
	Сумма	76,3	117,5	112,2	114,3	94,4	95,7

Не исключено, что вызываемое радиацией замедление синтеза нуклеиновых кислот и последующий их распад связаны с усилением активности рибонуклеазы, что уже отмечалось в литературе (4,5). Наши наблюдения подтверждают этот вывод, причем оказалось, что вызванная облучением активация рибонуклеазы является стойкой, что видно из следующих данных.

Активность рибонуклеазы глазков клубней картофеля через 200 и 250 суток после облучения (падение экстинкции)

	Март	Май
Лорх		
Контрольные клубни	8,0	11,0
Облученные	18,7	16,3
Берлихинген		
Контрольные клубни	5,4	5,3
Облученные	9,3	11,0

Изменения содержания нуклеиновых кислот наблюдаются также и в мякоти клубней. Они идут в том же направлении, но с гораздо меньшей интенсивностью.

Наряду с отмечавшимся уже выше снижением базофилии цитоплазмы облучение вызывает в глазках смещение изоэлектрической зоны белков и нуклеопротеидов в кислую сторону. Это свидетельствует о наступающих в нуклеопротеидах структурных изменениях, которые можно рассматривать как один из первичных эффектов облучения.

Изучение положения рН изоэлектрической зоны (ИЭЗ) белков и нуклеопротеидов показало, что по мере выхода клубней из состояния покоя ИЭЗ постепенно смещается в щелочную сторону (с рН 4,4 до 5,5), причем рН ядер лежит всегда выше рН ИЭЗ протоплазмы и ядрышка. Белковые коллоиды клеток коровой паренхимы, вторичной меристемы, эпидермиса и центральной стержневой меристемы имеют ИЭЗ в более щелочной области, чем клетки тунки, инициалов корпуса, периферической меристемы. У клубней же, облученных дозой 10 тыс. р, ИЭЗ сдвигается не в щелочную, а в кислую сторону (на 0,4-0,6). Это смещение наступает сразу же после облучения и сохраняется при последующем хранении картофеля. Не менее существенно то, что под влиянием этой дозы облучения полностью сглаживаются различия в положении ИЭЗ белков у разных клеток и тканей точек роста, в

-5-

результате чего все ткани, включая эпидермис и коровую паренхиму, имеют ИЭЗ в одних и тех же пределах рН

Смещение рН ИЭЗ в кислую область происходит пропорционально величине дозы облучения. Однако наиболее отчетливое смещение наблюдается при дозе около 10 тыс. р. С увеличением дозы до 150 тыс. р. наблюдается дальнейшее ее смещение, но уже гораздо более слабое.

Значительное место в нашей работе заняло изучение действия радиации на дыхательный газообмен клубней и отдельных тканей.

Согласно нашим наблюдениям дозы  $\gamma$ -лучей, угнетающие рост клубней, вызывают заметное подавление интенсивности дыхания глазков, в общем пропорциональное величине дозы. Так, при дозе 10 тыс. р. интенсивность дыхания этих тканей после облучения составила 90% от контроля, а при дозе 150 тыс. р. - 60%.

В последующем интенсивность дыхания глазков еще более ослабевает.

В отличие от тканей глазков дыхание тканей мякоти на первых этапах после облучения не только не подавляется, а даже несколько стимулируется, и лишь после определенного промежутка времени оно возвращается к исходному уровню. Чем выше доза облучения, тем сильнее возрастает дыхание мякоти и тем медленнее оно приходит в норму. Достаточно типичными в этом отношении являются следующие данные, полученные при облучении картофеля в ноябре (в мг  $O_2$  и  $CO_2$  на 1 г мякоти клубней в час при 20°).

	$O_2$	$CO_2$
До облучения	64	62
При облучении дозой 10 тыс. р. :		
через 2 суток	82	79
" 16 "	72	68
" 25 "	68	64
При облучении дозой 20 тыс. р. :		
через 2 суток	102	96
" 16 "	83	96
" 25 "	72	75

Что касается дыхания целых клубней, то в течение первых дней после облучения оно также несколько возрастает, но вскоре возвращается к исходному уровню, как видно из следующих данных, относящихся к клубням, облученным дозой 10 тыс. р.

-6-

	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
До облучения	4,5	5,0
Через 3 суток	7,0	5,6
" 5 "	5,4	6,8
" 7 "	4,4	5,6
" 9 "	4,2	6,0

Температурный коэффициент дыхания глазков и мякоти при облучении не изменялся. Величина  $Q_{10}$  (15 - 25°) оказалась следующей.

	Глазки	Мякоть
Клубни, облученные дозой 10 тыс.р		
O <sub>2</sub>	1,77	1,98
CO <sub>2</sub>	1,83	2,3
Необлученные		
O <sub>2</sub>	1,76	1,75
CO <sub>2</sub>	2,05	2,25

Подъем и последующий спад дыхания под действием радиации у запасных органов растений уже отмечались в ряде работ (6). Вместе с тем вопрос о причинах, вызывающих подобные сдвиги в процессе дыхания, остается пока открытым. Во всяком случае эти сдвиги до настоящего времени не удавалось связать с изменениями активности окислительных ферментов, которые принято рассматривать как компоненты каталитической системы живой клетки, наиболее стойкие по отношению к ионизирующим излучениям.

Действительно, и в наших опытах облучение не вызывало заметных изменений в активности окислительных ферментов, если определения производились в растертых тканях глазков или мякоти. Так, на второй день после облучения активность некоторых оксидаз в глазках оказалась следующей.

	Пероксидаза (относительные единицы)	Полифенол- оксидаза (мк O <sub>2</sub> на 1 г за 15 мин.)	Цитохром- оксидаза (мк O <sub>2</sub> на 1 г за 1 час)
До облучения	20	380	128
После облучения	19	382	130

Существенные различия в активности оксидаз в глазках облученных и необлученных клубней обнаруживались в наших опытах лишь

-7-

к весне. Однако они обусловлены в этом случае активированием оксидаз у необлученных клубней в связи с выходом их глазков из состояния покоя.

Для более детального изучения действия радиации на окислительную систему было предпринято определение активности оксидаз в отдельных структурных элементах протоплазмы (пластидах, митохондриях, микросомах).

Из двух возможных путей изучения данного вопроса (облучение предварительно выделенных протоплазменных структур и облучение самих объектов с последующим извлечением из них структурных элементов) мы избрали второй путь. Первый путь был уже использован многими исследователями, и полученные ими данные говорят о чрезвычайно высокой чувствительности изолированных пластид и митохондрий к действию ионизирующей радиации. Второй путь пока в исследованиях использовался мало. По данным Шерера (7), активность сукциндегидразы митохондрий селезенки облученных мышей была ниже, чем у контрольных животных.

Наши наблюдения показали, что действие ионизирующей радиации на активность окислительных ферментов зависит от рода тканей и сильнее всего сказывается на тканях меристемы. Оно зависит также от физиологического состояния глазков клубней картофеля, причем сильнее всего это действие проявляется на глазках, находящихся в состоянии активной жизнедеятельности. Так, облучение клубней, находящихся в состоянии покоя, дозой 10 тыс. р не изменило активности полифенолоксидазы и пероксидазы тканей мякоти ни в общей вытяжке, ни в митохондриях. Лишь при облучении проросших клубней активность полифенолоксидазы в мякоти уменьшалась во фракции митохондрий. Активность же цитохромоксидазы мякоти, наоборот, возрастала как в общей вытяжке, так и в митохондриях.

В отличие от тканей мякоти активность полифенолоксидазы и пероксидазы в митохондриях глазков под действием облучения снижалась. Что касается цитохромоксидазы, то ее активность возрастала как в тканях мякоти, так и в тканях глазков, причем особенно сильно в выделенных из этих тканей митохондриях. Некоторые данные об активности ферментов в глазках покоящихся клубней тотчас после облучения дозой 10 тыс. р представлены в табл. 2.



-8-

Таблица 2

Активность окислительных ферментов в глазках  
клубней

Фракция	Полифенол- оксидаза		Пероксидаза		Цитохром- оксидаза	
	конт- роль	облу- чено	конт- роль	облу- чено	конт- роль	облу- чено
Вытяжка	34,4	31,9	41,2	48,8	1,6	2,4
Митохондрии	41,0	21,6	10,4	5,2	1,2	2,6
Центрифугат	24,0	24,6	33,1	43,7	0,2	0,3

Причины более высокой радиочувствительности окислительных ферментов митохондрий обусловлены, видимо, возникающими под действием  $\gamma$  лучей изменениями в их структуре. К такому выводу приводят полученные нами данные по содержанию различных форм фосфора в отдельных фракциях клубней картофеля, в том числе фосфора фосфолипидов и нуклеиновых кислот- веществ, тесно связанных со структурной организацией митохондрий (табл. 3).

Таблица 3

Содержание фосфора фосфолипидов и нуклеиновых кислот  
в мякоти и глазках клубней картофеля  
(в  $\gamma$  фосфора на 1 г сырого веса для вытяжки и  
центрифугата на 100 мг митохондрий для митохондрии)

Фракции	Мякоть				Глазки			
	фосфолипиды		нуклеиновые кислоты		фосфолипиды		нуклеиновые кислоты	
	конт- роль	облу- чено	конт- роль	облу- чено	конт- роль	облу- чено	конт- роль	облу- чено
Вытяжка	3,8	4,3	24,8	22,8	7,8	12,8	50,0	33,9
Митохондрии	8,3	6,7	40,1	35,1	8,3	20,4	32,4	24,1
Центрифугат	2,6	2,4	7,2	7,2	5,9	8,9	22,4	17,7

Из представленных данных видно, что облучение не вызывает существенных изменений в содержании фосфолипидов и нуклеиновых кислот в мякоти клубней картофеля, тогда как во всех фракциях, полученных из растертой клубней картофеля, облучение вызывает заметное снижение содержания нуклеиновых кислот и сильное увеличение количества фос-

фолипидов, особенно в митохондриях (в 2,5 раза по сравнению с контролем). Источником увеличения последних может служить распад более сложных соединений фосфолипопротеидов с высвобождением фосфолипидов (8). Эти опыты хорошо согласуются с теорией Опарина (9), согласно которой синтетические процессы находятся в тесной связи с состоянием сорбционных свойств макромолекул, а также с результатами исследований Сисакяна (4), показавшими, что при облучении происходят серьезные сдвиги в адсорбционных свойствах пластид.

Таким образом, имеются основания полагать, что вызываемое облучением подавление дыхания тканей глазков клубней связано с ослаблением активности окислительных ферментов в отдельных структурных элементах клетки, в частности, в митохондриях. Наблюдаемый же на первых этапах после облучения подъем дыхания тканей мякоти может быть связан с усилением под действием радиации процесса гидролиза крахмала и, как следствие, с увеличением содержания в тканях клубней дыхательного материала (табл. 4).

Таблица 4

Состав углеводов картофеля через 2 дня после  
облучения ( в % к сырому весу)

Название сорта	Вариант опыта	Крах-мал	Моносахара	Сахароза	Сумма сахаров	Декстрины
Лорх	контроль	17,1	0,93	0,92	1,85	0,0
	облучение	16,6	1,52	0,38	1,90	0,4
Берлихинген	контроль	14,5	1,21	0,51	1,72	0,0
	облучение	14,1	1,34	0,81	2,15	0,0

Как показали данные, увеличение содержания сахаров в облученных клубнях картофеля, обусловлено существенными изменениями в действии фосфорилирующих ферментов. Вслед за облучением соотношение между процессами распада и синтеза крахмала, осуществляющимися при участии фосфорилаз, сдвигается в сторону усиления распада крахмала. Одновременно наблюдается возрастание активности фосфоглюкомутазы. Некоторые данные, полученные при облучении клубней в декабре дозой 10 тыс. р, приводятся ниже.

- 10 -

	Активность фосфоглюко- мутазы; трудно ра- створимый Р	Синтез крах- мала с по- мощью фосфо- рилазы; от- щепленный Р	Фосфоролиз крахмала (в 2 ч, вовлеченно- го в реак- цию за 2 часа)
	(в % к исходному глю- козо -1 -фосфату)		
Контрольные клубни	23	40	420
Облученные	35	18	545

Это действие радиации является кратковременным и наблюда-лось лишь на протяжении 8-10 дней после облучения.

По данным многих авторов, облучение запасных органов расте-ний, находящихся в состоянии покоя, вызывает заметное снижение содержания в их тканях аскорбиновой кислоты, причем пропорцио-нально величине дозы  $\gamma$ -лучей. В наших опытах уже через 2 и 3 часа после облучения клубней наблюдалось необратимое окисление и разрушение значительной части содержащейся в них аскорбиновой кислоты. Это видно из следующих данных (в мг%).

	Аскорбиновая кислота	Дегидроас- корбиновая кислота
Контрольные клубни	15,0	2,0
Облученные дозой 10 тыс. Р	12,8	2,0
Облученные дозой 20 тыс. Р	11,0	2,0

В связи с установленными фактами усиления под влиянием радиации процессов распада крахмала и аскорбиновой кислоты в клубнях, мы провели более подробные наблюдения за изменениями в химическом составе картофеля, облученного в октябре дозой 10 тыс. Р на протяжении 8 мес. хранения.

Полученные результаты показывают, что более высокие потери крахмала и аскорбиновой кислоты в облученных клубнях имели место лишь на первых этапах хранения. В дальнейшем, по мере выхода контрольных клубней из состояния покоя и усиления дыхательного газообмена, содержание крахмала и аскорбиновой кислоты в их тка-нях убывало более интенсивно, чем в облученных, и уже к июню и те и другие клубни по данному показателю друг от друга не отли-чались. Так, содержание крахмала составляло в конце июня у облу-ченных клубней 15,8%, а у контрольных 15,4%. Содержание аскорби-

-II-

новой кислоты соответственно 7,0 и 6,8 мг%. После июня хранение контрольных клубней пришлось прекратить из-за сильного их прорастания, тогда как вполне удовлетворительное хранение облученных клубней продолжалось вплоть до октября.

Для решения вопроса о возможности использования облученного картофеля в пищу клубни, облученные дозами 10 тыс. и 50 тыс.р подверглись исследованию в Институте питания Академии медицинских наук СССР (ИО). Биологические опыты проведены на двух поколениях животных (крысах и собаках). У подопытных животных, питавшихся облученным картофелем, не было обнаружено каких-либо изменений в росте, развитии, поведении, морфологии крови и в активности ферментов крови по сравнению с контрольными. Наблюдения за потомством также не выявили различий в развитии подопытных животных по сравнению с контрольными. Не было обнаружено каких-либо патологических изменений и при морфологическом исследовании органов подопытных животных. Таким образом, в пределах обследованного материала не выявлено токсического действия облученного картофеля на организм теплокровных животных. При органолептической оценке облученного картофеля после 10-месячного хранения также не было выявлено отрицательного характера изменения его вкусовых свойств и кулинарных качеств по сравнению с контрольным.

Исходя из результатов проведенных исследований, Главная государственная санитарная инспекция СССР разрешила использовать для пищевых целей картофель, облученный дозой 10 тыс. р .

Резюмируя все вышеизложенное, следует подчеркнуть, что вызываемая  $\gamma$ -лучами задержка прорастания клубней картофеля обусловлена сочетанием сложных изменений в обмене веществ. К их числу относятся: 1) изменения состояния клеточных коллоидов; 2) смещение изоэлектрической зоны белков и нуклеопротеидов в кислую сторону; 3) замедление синтеза нуклеиновых кислот в точках роста; 4) подавление активности ряда окислительных ферментов в митохондриях и на этой основе снижения интенсивности дыхания.

Эти изменения в обмене веществ не могут не сказаться на устойчивости облученных клубней по отношению к микроорганизмам, поскольку это биологическое свойство тесно связано с окислительной системой их тканей.

Действительно, проведенные нами многочисленные наблюдения показали, что клубни тотчас же после их облучения дозой 10 тыс.р,

-12-

сильнее заражаются грибами из рода *Fusarium* и *Phytophthora*, являющимися основными возбудителями порчи картофеля при хранении. Сказанное можно проиллюстрировать результатами следующих опытов, в которых ломтики облученных клубней заражались мицелием *Fusarium* тотчас же после разрезания, через 6 и 12 суток.

Как видно из помещенной фотографии (рис. 2), в первом варианте опыта гриб развивался на облученных срезах значительно интенсивнее, чем на контрольных; во втором варианте гриб на контрольных срезах вовсе не развивался, а на облученных его развитие продолжалось, однако оно шло гораздо медленнее, чем в первом варианте; в третьем варианте гриб не развивался ни на облученных, ни на контрольных срезах.

Судя по результатам этих опытов, можно предположить, что вызываемое облучением ослабление устойчивости клубней представляет собой явление кратковременное. Об этом свидетельствуют также данные другой серии наших опытов, в которых было показано, что до января-февраля клубни, облученные с осени, заражались грибом *Fusarium* более интенсивно, чем контрольные. На последующих этапах хранения различий по поражаемости между контрольными и облученными клубнями уже не отмечалось.

Так как некоторые виды грибов, в том числе из рода *Fusarium*, проникают в клубень только через поврежденные участки тканей, представлялось важным выяснить способность облученных клубней образовывать раневую перидерму и суберин. Оказалось, что облучение дозой 10 тыс. р не влияет на биосинтез элементов суберина, но нацело прекращает образование раневой перидермы. Суберизованный же слой периферических рядов паренхимы начинает выполнять в облученных клубнях защитную роль, аналогично роли, выполняемой перидермой в необлученных клубнях лишь по прошествии определенного отрезка времени.

В специально поставленной большой серии опытов нами было обнаружено, что доза 5 тыс. р не оказывает отрицательного влияния на устойчивость клубней. Однако эта доза не гарантирует надежной защиты клубней от прорастания.

Отсюда вытекает необходимость изыскания таких доз облучения, которые, подавляя способность глазков к прорастанию, вместе с тем, не сказывались бы отрицательно на устойчивости клубней к микроорганизмам. В особенности большое значение приобретает этот вопрос применительно к картофелю, предназначенному для хра-

-13-

нения в производственных условиях. Поскольку естественная устойчивость объекта в данных условиях, как правило, ослаблена.

Развивая работы в указанном направлении, мы установили, что биологическое действие интегральной дозы облучения в значительной мере зависит от способа облучения. В частности, увеличение мощности потока излучения позволяет добиться того же биологического эффекта при значительно уменьшенной общей дозе. Например, облучение клубней картофеля дозой 5 тыс. р при двух различных вариантах мощности потока (40 и 630 р/мин) приводило к разным эффектам с точки зрения воздействия на способность клубней к прорастанию (рис. 3). Будучи высажены в почву, клубни, облучавшиеся

$\gamma$ -лучами при мощности потока 40 р/мин, проросли через 28 дней, а при мощности 630 р/мин через 53 дня. Вместе с тем, увеличение мощности потока излучения ни в какой степени не сказалось отрицательно на устойчивости клубней по отношению к микроорганизмам.

Во всех наших опытах однократное облучение, проведенное в октябре, задерживало прорастание клубней сильнее, чем облучение в несколько приемов на протяжении 3, 4 и 5 мес. (рис. 4). За период 14-месячного хранения картофеля количество проросших клубней в зависимости от дозы и способа облучения составило (в процентах от общего числа клубней):

6 тыс. р	
в 1 прием	15
в 3 приема по 2 тыс. р в мес.	100
8 тыс. р	
в 1 прием	0
в 4 приема по 2 тыс. р в мес.	100
10 тыс. р	
в 1 прием	0
в 5 приемов по 2 тыс. р в мес.	70

При выборе дозы следует учитывать сортовые особенности картофеля, а также физиологическое состояние клубней в момент облучения. Значение сортовых различий иллюстрируется фотографией (рис. 4).

Не менее важное значение имеет и период, в который производится облучение картофеля, поскольку по мере хранения физиологическое состояние клубней меняется. Об этом свидетельствуют ре-

-14-

зультаты следующего опыта. Клубни картофеля Лорх были облучены дозой 8 тыс.р в декабре и марте. При высадке их летом в почву клубни, облученные в декабре, проросли на 70%, а облученные в марте - на 45%. В первом случае прорастание клубней началось через 34 дня после высадки в почву, во втором - через 54 дня. Таким образом, дозы облучения картофеля должны быть дифференцированными. При установлении этих доз необходимо учитывать период, когда эта операция проводится. Для картофеля, облучаемого с осени, доза облучения должна быть при прочих равных условиях выше, чем для картофеля, облучаемого в конце зимы.

Если учесть, что облучение должно в основном использоваться как средство, позволяющее сохранить определенный запас картофеля в обычных хранилищах в течение весенне-летнего периода, то максимальная доза облучения составит, по-видимому, около 8 тыс.р, а для картофеля, подлежащего использованию в более ранние сроки, эта доза может быть снижена до 5 тыс.р и меньше.

Снижение дозы будет также способствовать лучшему сохранению пищевых качеств картофеля и позволит снизить стоимость облучения, что для массового и дешевого продукта, каким является картофель, имеет существенное значение.

Исходя из результатов проведенных исследований, нами совместно с В.Г. Хрущевым разработан метод облучения картофеля в производственных условиях, который отличается от других известных в настоящее время тем, что он обеспечивает более высокий коэффициент использования радиоактивных препаратов, равномерное облучение всей массы продукта, возможность использования картофелехранилищ обычного типа.

Вновь разработанный метод основан на сочетании стационарного облучения с передвижной станцией для зарядки его радиоактивными изотопами. Облучатель представляет собой бетонный бункер, который пристраивается к одной из стен картофелехранилища. В центре бункера располагаются трубы с препаратами  $\text{Co}^{60}$  или других источников  $\gamma$ -лучей.

С помощью транспортера картофель из хранилища поступает в бункер и, проходя мимо труб с радиоактивными препаратами, подвергается облучению. Облученные клубни поступают на второй транспортер, который возвращает их в хранилище. Весь процесс облучения осуществляется в единой поточной линии.



-15-

Передвижная установка для перевозки препаратов и зарядки бункеров для облучения представляет собой специальный контейнер. В контейнере препараты собраны в компактном виде, что дает возможность уменьшить габариты и вес всей установки. Вес такого контейнера для препаратов  $\text{Co}^{60}$  общей активностью 50 тыс. кюри, не превышает 6 т, и он сможет быть установлен на обычном автоприцепе. Для перемещения препаратов из контейнера в бункера для облучения предусматриваются соответствующие устройства, позволяющие перемещать их на расстояние в несколько метров.

С помощью одной такой передвижной станции и при использовании дифференцированных доз облучения, в зависимости от физиологического состояния клубней, можно будет облучать до 50 тыс. т картофеля за сезон, т.е. в течение 4-5 мес.

В настоящее время ведутся работы по производственной апробации указанной установки.

### Л и т е р а т у р а

1. Sparrow A.H., Christensen E. Improved storage of potato tubers after exposure to  $\text{Co}^{60}$  gammas. *Nucleonics*, 1954, 12(8), 16
2. Sawyer R.R., Dallyn S.R. The effect of gamma irradiation of storage life of potato. *Amer. Potato J.*, 1955, 32, 144
3. Pätzold Ch., Weiss H.M. Beeinflussung der Kartoffelknollen durch Gammastrahlen radioaktiven Kobalts  $\text{Co}^{60}$ . *Angew. Bot.*, 1957, 31, 93
4. Сисакян Н.М. О характере изменений обмена веществ при облучении. В сб.: Действие облучений на организм, изд. АН СССР, М, 1955
5. Roth J. Ribonuclease. IV. The effect of whole body X-irradiation on the ribonuclease system of rat liver. *Arch. Biochem. Biophys.*, 1956, 60, 7
6. Sussman A.S. The effect of ionizing radiation upon the respiration and oxydases of the potato tuber. *J. Cell. Compar. Physiol.*, 1953, 42, 273



-16-

7. Scherer E. Morphologische und ferment-histochemische Studien zur Strahlenwirkung auf den Organismus. Strahlentherapie, 1956, 99, 230.
8. Стражевская Н.Б. Исследование некоторых начальных биохимических изменений в растениях под влиянием ионизирующей радиации. Дис.канд. М., 1955
9. Опарин А.И. Ферментная система как основа физиологических признаков у растений. Изв.АН СССР. Сер.биол., 1937, 1731
10. Окунева Л.А. Гигиеническое изучение картофеля, облученного радиоактивным кобальтом в целях задержки прорастания. XII научн.сессия (тезисы докладов) АМН СССР, Ин-т питания, М., 1958

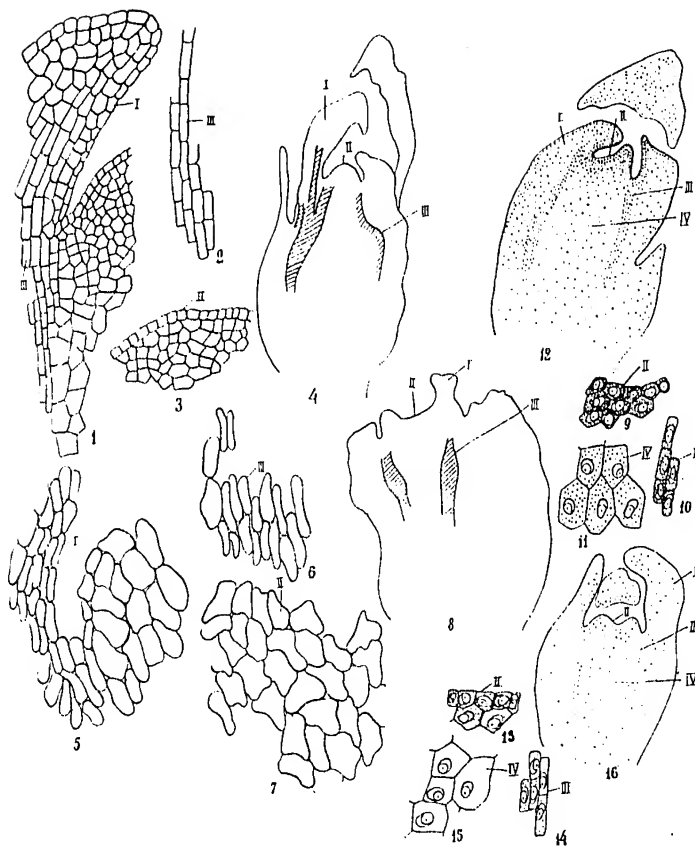


Рис.1. Анатомические и цитохимические изменения в точках роста клубней, облученных дозой 10000.  
 I-4 — строение точки роста клубней при выходе из состояния покоя (контроль); 5-8 — строение точки роста клубней через 4 месяца после облучения; 9-12 — содержание РНК в точке роста контрольных клубней; 13-16 — содержание РНК в точке роста клубней через 3 часа после облучения.  
 ММ 1, 2, 3, 5, 6, 7 — увеличение 280; 4, 8, 12, 16 — увеличение 56; 9, 10, 11, 13, 14, 15 — увеличение 400.  
 I — листовые зачатки; II — туники; III — прокамбий; IV — центральная стержневая меристема

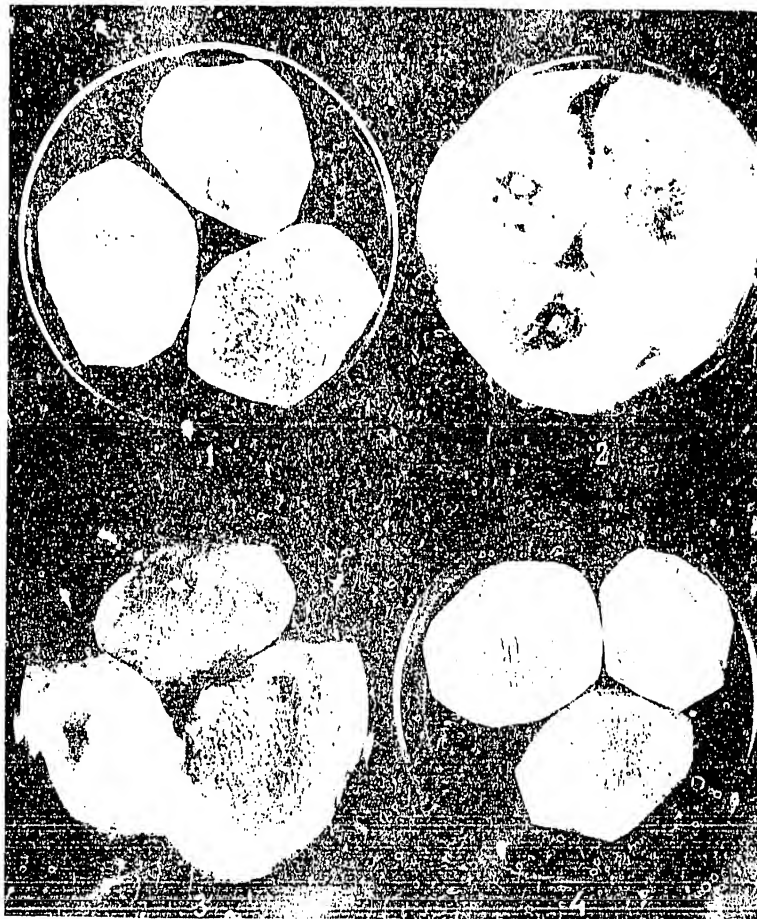


Рис. 2. Развитие гриба *Fusarium* на картофеле.  
 1 - контроль (необлученные клубни); 2-4 - облученные клубни (2 - зараженные тотчас после разрезания клубней; 3 - через 6 суток; 4 - через 12 суток)

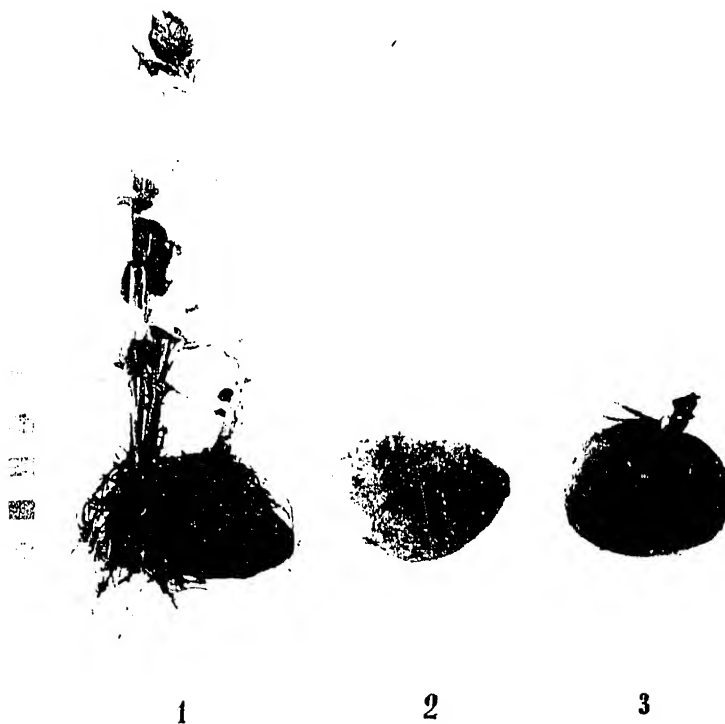


Рис. 3. Состояние яблок, облученных дозой 6000 р, по различным способам, через 24 дня после высадки в почву.  
1 - облучение в 3 приема по 2000 р в месяц при 600 р /мин;  
2 - в один прием 600 р /мин; 3 - в один прием 40 р /мин.



Рис. 4. Состояние яблок разных сортов, облученных осенью дозой 8000 р, после 12 месяцев хранения в обычном хранилище.  
Слева направо: Московский, Новая Роза, Передовик, Бирон, Лорх, Вежлихинген